

複素振幅型単一画素位相イメージング

Complex-amplitude single-pixel phase imaging

宇都宮大学オプティクス教育研究センター ○(M1)太田 一毅, 早崎 芳夫

Center for Optical Research and Education (CORE), Utsunomiya University

○Kazuki Ota and Yoshio Hayasaki

E-mail: ota_k@opt.utsunomiya-u.ac.jp

1. はじめに

単一画素カメラ[1]は, 単一の光検出器と符号化を行う空間光変調素子からなるイメージング装置である. 観測対象である物体からの光は, 空間光変調素子に表示された符号化マスクにより変調され, 合波して, 光検出器により検出される. 再生像は, 符号化マスクを順次切り替え光検出することにより, 検出値と符号化マスクから逆行行列計算により算出される. また, 像形成レンズを必要とせず簡単な構造でコンパクトであり, 広い波長帯域に対応できることを特徴とする. これらの特徴は可視光だけでなく, GHz[2]やTHz波[3]を使った物体のイメージングが可能になる.

単一画素カメラの性能は, マスクによって決まる. アダマル行列からなるマスクは, 直交性を持っていること, 計算コストが少ないことから単一画素カメラの計測において適したマスクである. しかし, 強度変調においては負の値を表すことができず, 負の成分を含むアダマルマスクでは2倍の計測回数が必要となる.

本研究では, 複素振幅型の単一画素カメラを用いた位相計測法を提案する. 位相シフト法と複素振幅信号の検出することにより, 物体の位相イメージング[4]を可能にする. 複素振幅マスクは位相変調型空間光変調素子 (PM-SLM: phase modulation spatial light modulator) に表示され, 干渉によりアダマルマスクを直接再現される. また, マスク非表示部を, 参照光の位相シフトに使用される. これにより同軸の干渉系になり, 外部振動に強い位相イメージングシステムになる.

2. 実験方法と結果

Fig. 1(a)は, 実験光学系である. 直進光成分のみを検出するため, 光検出器の前には集光レンズとピンホール(直径 25 μ m)を設置した. Fig.1(b)は, 観測対象である. 計測範囲を左半分には何も置かず, 右半分にはミラーを置き位相計測を行った.

Fig. 2 は, 実験に用いたマスクパターンと計測された位相分布を示す. マスクパターンは, PM-SLM の歪みを補正するパターンと 32 $\times$ 32 のアダマルマスクから構成される. 再生像の右側は, PM-SLM の歪みとミラーの位相分布の重ね合わせとなった. 再生像の左側は, 観測対象からの

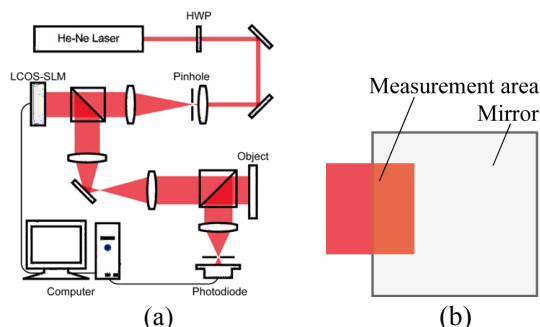


Fig. 1 (a) Experimental setup and (b) Target object.

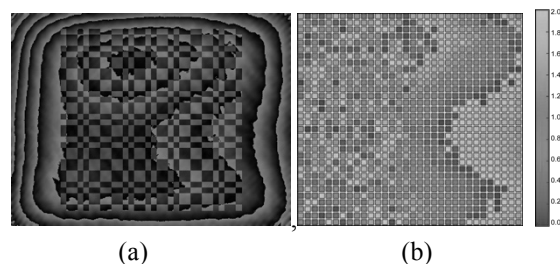


Fig. 2 (a) Mask pattern and (b) phase distribution.

光が検出されないため, ランダムな位相分布となる. 実際の計測は, 基準であるミラーと観測対象それぞれの計測結果の差から求まる.

3. まとめ

インライン干渉計と位相シフト法を導入し, 単一画素カメラによる位相イメージングを提案し, 実験的に実証した.

参考文献

- [1] M. F. Duarte, M. A. Davenport, D. Takhar, J. N. Laska, T. Sun, K. F. Kelly, and R. G. Braniuk, "Single-pixel imaging via compressive sampling" IEEE Signal Processing Magazine 25, 83-91 (2008).
- [2] Q. D. Pham and Y. Hayasaki, "Optical frequency comb interference profilometry using compressive sensing" Opt. Express 21, 19003-19011 (2013).
- [3] C. M. Watts, D. Shrekenhamer, J. Montoya, G. Lipworth, J. Hunt, T. Sleasman, S. Krishna, D. R. Smith, and W. J. Padilla, "Terahertz compressive imaging with metamaterial spatial light modulators" Nature Photonics 8, 605-609 (2014).
- [4] P. Clement, V. Duran, E. Tajahuerece, V. Torres-Company, and J. Lancis, "Single-pixel digital ghost holography" Phys. Rev. A 86, 041803 (2012).